



### *I Encontro Sobre a Qualidade da Água em Piscinas*

**“A importância do processo de desinfecção na segurança da saúde dos usuários de piscinas e frequentadores do seu entorno”**

**Casa do Comércio (CESEC)**

15 de dezembro de 2009  
SALVADOR / BA.

**JORGE MACEDO**

CRQ - MG



## **DESINFECÇÃO QUÍMICA**

- i- segurança da qualidade microbiológica da água.
- ii- da segurança da qualidade físico-química da água.
- iii- Redução da contaminação do ambiente no entorno da área externa ao tanque de água.

## ***História da Piscina***

- A palavra piscina, significa em latim, viveiro de peixes, também recebe a denominação de grande tanque com instalações próprias, para a prática de natação e de outros esportes aquáticos.
- As definições atuais, definem a piscina como o conjunto de instalações destinadas ao banho específico e prática de esportes aquáticos, compreendendo os equipamentos de tratamento de água, casa de máquinas, vestiários e quaisquer outras instalações necessárias.

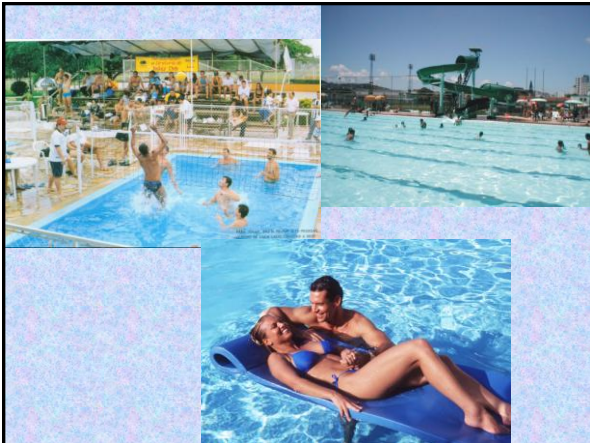
## ***Importância da Piscina***

Dois aspectos devem ser ressaltados: a **importância social** e a **importância sanitária**.

### ***Importância Social:***

A piscina é considerada um local de encontro nas residências, em escolas, prédios, condomínios, em clubes, etc.

Além disso constitui-se em elemento arquitetônico importante nos dias atuais. A natação é encarada como um elemento necessários à saúde, à recreação e ao equilíbrio psico-fisiológico. (MACEDO, 2003)



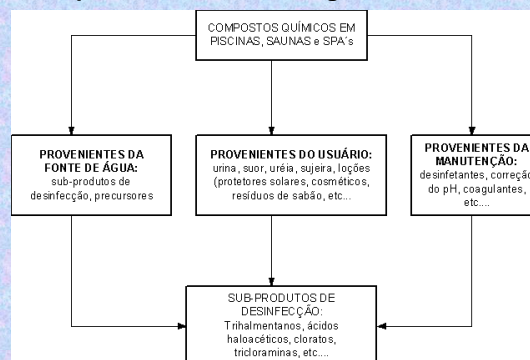
**PISCINA É ALEGRIA!!  
É SAÚDE!!**

**ÁGUA DE QUALIDADE  
X  
TRATAMENTO ADEQUADO**

## Importância Sanitária

- A importância sanitária está vinculada quando a utilização de piscinas coloca a saúde dos banhistas em risco, que envolvem a transmissão de doenças e os acidentes (contusões, afogamentos, etc.)...
- A maior facilidade da transmissão de doenças se prende ao fato das mucosas e pele apresentarem menor resistência por causa das imersões prolongadas e do atrito com a água.
- Outro aspecto de importância na transmissão de patologias é a qualidade da água da piscina, com um tratamento inadequado, não se garante **a redução da sua flora bacteriana a níveis considerados seguros e gera sub-produtos no processo de desinfecção**, no tanque e no seu entorno.
- A manutenção da qualidade da água com produtos de qualidade é a principal forma de impedir a transmissão de doenças aos banhistas e aos frequentadores das áreas no entorno, sendo a desinfecção a etapa mais importante para garantia da qualidade microbiológica da água (MACEDO, 2003).

## Os possíveis contaminantes da água de piscinas e similares segundo a OMS.



FONTE: Adaptado WHO, 2006.

## PATOLOGIAS RELACIONADAS COM O USO DE PISCINAS COM TRATAMENTO INADEQUADO DA ÁGUA

- Como exemplos de patologias, citamos
- **infecções da epiderme:** furunculoses, eczemas, micoses, vulvovaginite gonocócica, lesões cutâneas (*Mycobacterium balnei*), dermatomicose (pé-de-atleta), candidase cutânea, pitiríase versicolor, piodermítes,
- **infecções respiratórias** - trato respiratório superior-amigdalites, faringites e traqueítes); resfriados, sinusites, inflamações de garganta, ouvidos, nariz.
- febre tifóide, paratifóide, disenterias, pólio, hepatite A.

## Infecções emergentes em oftalmologia ceratite por *Acanthamoeba*

- *Acanthamoeba sp* são amebas de vida livre (AVL), são protozoários amplamente dispersos na natureza.
- A doença, chamada *queratite por acanthamoeba*, provoca úlceras na córnea e **pode levar à cegueira**.  
(<http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,OI249004-EI298,00.html>, Jan/2004)
- Apesar da infecção por *Acanthamoeba* ser rara, pode causar cegueira. A doença é causada por uma ameba microscópica encontrada no ambiente e que pode entrar em contato com os olhos pelas lentes de contato.
- Ceratite infecciosa causada por *Acanthamoeba* no ambulatório de Doenças Externas e Córnea da Universidade Federal de São Paulo. Até o início da década passada este protozoário era uma causa incomum de ceratite. Entretanto, através da análise dos dados do laboratório da USP, observa-se que houve um aumento importante do número de pacientes acometidos por esta infecção. (**Arquivos Brasileiros de Oftalmologia - Arq. Bras. Oftalmol. vol.66 nº.4 São Paulo - Julho/Ag. 2003**).

### Água da torneira pode cegar usuários de lentes

07 de janeiro de 2004 • 19h23.

(<http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,OI249004-El298,00.html>)

As pessoas que usam lentes de contato podem colocar sua visão em risco ao lavar o rosto com água da torneira. Essas pessoas estariam mais suscetíveis uma infecção rara e dolorosa, causada por uma ameba que vive em água de torneira. Aparentemente, os britânicos são os que correm maior perigo. A doença, chamada queratitís por *Acanthamoeba*, provoca úlceras na córnea e pode levar à cegueira. "É uma doença horrível. Muito resistente ao tratamento e difícil de erradicar", escreveu John Dart, especialista do Hospital de Oftalmologia Moorfields, em Londres, na Revista New Scientist.

Dart afirmou que o risco é maior quando a pessoa se lava com as lentes de contato ou as manipula com as mãos úmidas. Ele recomenda que as pessoas com lentes evitem o contato dos olhos com água de torneira. O índice de infecção na Grã-Bretanha é cerca de um em 30 mil. A cifra, no entanto, é 15 vezes maior que a registrada nos Estados Unidos e sete vezes superior à da Holanda.

Até recentemente, as casas britânicas dispunham de caixas d'água e a água parada proporcionava um ambiente ideal para o crescimento de amebas.

## Acanthamoeba x Cálcio

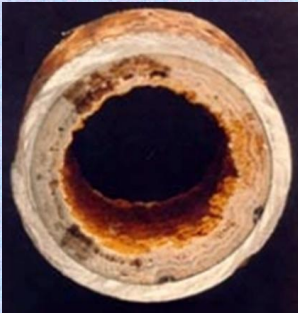
- A infecção por *Acanthamoeba* ocorre através de lesão na pele. Águas de parques aquáticos, spas, piscinas e similares estão implicadas nessas infecções. Não foi observada transmissão pessoa-a-pessoa. (INFORME-NET DTA - Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo - Centro de Vigilância Epidemiológica - CVE - 2002).
- Pesquisa realizada no Hospital Oftalmológico Moorfields analisaram em Londres os novos casos de infecção na Inglaterra e no País de Gales descobriram grandes discrepâncias entre as regiões, com um número mais alto de pacientes em áreas cuja água apresentava níveis mais altos de cálcio e magnésio dissolvidos, particularmente no sudoeste do país (País de Gales).

As pessoas que usam lentes de contacto no sul da Inglaterra (País de Gales), utilizam uma água com maiores níveis de cálcio e magnésio, são nove vezes mais sujeitos a sofrer de uma infecção grave, e a causa disso é atribuída a característica físico-química da água da região (altos níveis de cálcio/magnésio), disseram os médicos britânicos. ([http://www.lerparaver.com/noticias/agua\\_dura.html](http://www.lerparaver.com/noticias/agua_dura.html), 2004) .

## INCRUSTAÇÕES DEVIDO A PRESENÇA DE CÁLCIO E A FORMAÇÃO DE BIOFILMES BACTERIANOS



Incrustações em tubos de água, pela presença de cálcio.



**Incrustações por água devido a presença de cálcio**





## INCRUSTAÇÕES E FORMAÇÃO DE BIOFILMES BACTERIANOS

### FORMAÇÃO DOS BIOFILMES BACTERIANOS

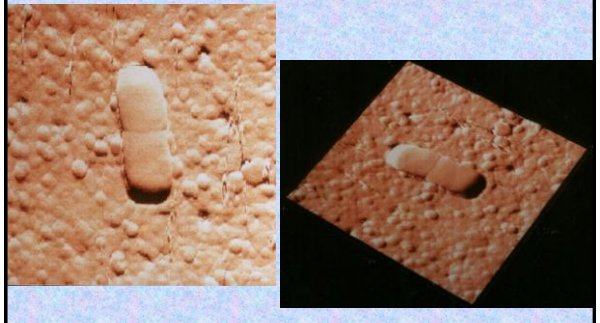
Aumento da resistência dos microrganismos aos processo de desinfecção → de 150 a 3000 vezes.

#### ALGUNS MICRORGANISMOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE BIOFILMES

- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Pseudomonas fragi*
- *Pseudomonas fluorescens*
- *Micrococcus sp*
- *Enterococcus faecium*
- *Listeria monocytogenes*
- *Yersinia enterocolitica*
- *Salmonella thyphimurium*
- *Escherichia coli O157:H7*
- *Staphylococcus aureus*
- *Bacillus cereus*

#### FOTOS DE BIOFILMES

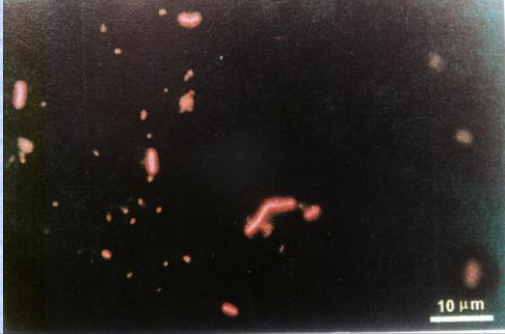
*Listeria* aderida em vidro



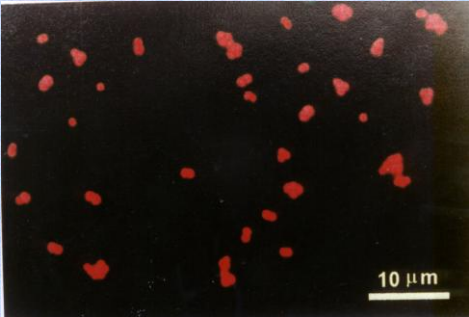
*Listeria* aderida em aço inoxidável



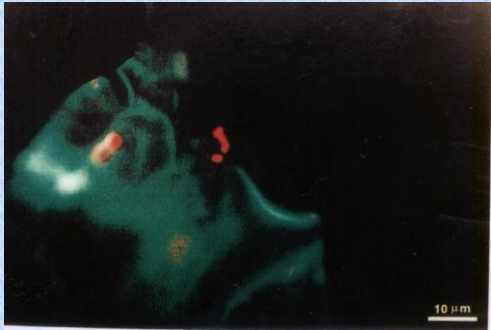
*Listeria* aderida em polipropileno  
(Material usado em placas para corte de carne e legumes)



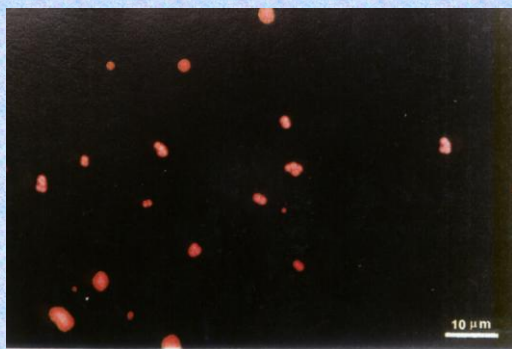
*Staphylococcus aureus* aderido em aço inoxidável



*Staphylococcus aureus* aderido em polipropileno



*Staphylococcus aureus* aderido em policarbonato  
(Material usado em confecção de mamadeiras)



### Crítérios para risco de aquisição de doenças gastrointestinais

- Coliformes totais: < 200 UFC / mL
- *Escherichia coli*: < 77 UFC / mL
- Enterococos (**Streptococos fecais**): < 20 UFC / 100 mL

*Pseudomonas aeruginosa*:

<2 UFC / 100 mL em pelo menos 75% das amostras analisadas.

UFC = unidade formadora de colônia

### QUANTIDADE DE MICRORGANISMOS EXCRETADA POR GRAMA DE FEZES

Organismos	Principais doenças	Quantidade excretada por indivíduo infectado por 1g de fezes (UFC)	Máxima sobrevivência na água (dias)	Dose infectante <sup>a</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterite	10 <sup>8</sup>	90	10 <sup>2</sup> -10 <sup>8</sup>
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifóide	10 <sup>8</sup>	-	-
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	10 <sup>8</sup>	30	10 <sup>8</sup>
<i>Salmonella</i>	Salmonelose	10 <sup>8</sup>	60-90	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>
<i>Cryptosporidium</i>	Criptosporidiose	10 <sup>2</sup>	-	1-30 <sup>c</sup>
<i>Entamoeba histolytica</i>	Disenteria amebiana	10 <sup>7</sup>	25	10-100
<i>Giardia lamblia</i>	Giardíase	10 <sup>5</sup>	25	1-10

### Parasita que afeta piscinas e parques aquáticos assusta causa preocupação nos Estados Unidos

30/06/2009 14h39

[http://www.infectologia.org.br/default.asp?site\\_Acao=&paginald=134&mNoti\\_Acao=mostraNoticia&noticiald=7906](http://www.infectologia.org.br/default.asp?site_Acao=&paginald=134&mNoti_Acao=mostraNoticia&noticiald=7906)

Conhecido como ***Cryptosporidium***, esse parasita foi em 2007, o último ano em que há estatísticas disponíveis, responsável por **31 epidemias de águas recreativas e envolveu 3.726 pessoas**, de acordo com o centro de doenças – um aumento em relação **a sete epidemias e 567 pessoas infectadas em 2004**.

CASOS DE CONTAMINAÇÃO EM USUÁRIOS DE PISCINAS	
Exemplos	Referência bibliográfica
1) Ocorreram 16 casos fatais de meningite ocasionada por um protozoário de vida livre – <i>Acanthamoeba castellanii</i> , cuja transmissão atribui-se ao contato com água de piscina.	CERVA L., NOVAK, K., Amoebic Meningoencephalitis: sixteen fatalities. <i>Science</i> , p.160-192, 1968.
2) Surto de conjutivite febril em frequentadores de piscina de uso coletivo	Epidemia di congiuntivite febrile (febbre faringo congiuntivale da Adenovirus) presso giovani nuotatori di un stessa piscina. Nota 1 – Aspeti epidemiologici e clinici. <i>Nuovi Ann. Ig. Microb.</i> v.15, p.17-21, 1964.
3) Surto de lesões por <i>Mycobacterium balnei</i> , também denominado de “granuloma das piscinas”.	LINELL, F., MORDEN, A.. <i>Mycobacterium balnei</i> . A new acid-fast bacillus occurring in swimming pools and capable of producing skin lesions in humans. <i>Acta Tuberc. Scand., Suppl.</i> V.33, p.1-84, 1960.

CASOS DE CONTAMINAÇÃO EM USUÁRIOS DE PISCINAS	
4) Casos de vulvo-vaginite gonocócica em alunas de um colégio após banho conjunto de piscina.	MANHEIMER, W., <i>In Arena</i> , 1943.
5) Casos de infecções cutâneas causadas por <i>Pseudomonas aeruginosa</i> em frequentadores de piscinas mal operadas.	DADSWELL, J. V., Poor swimming pool management: how real is the health risk?. <i>Environmental Health</i> , March, 1997.
6) Cinco (5) surtos independentes de criptosporidiose com 318 casos de indivíduos infectados e 3 surtos de giardiose com 111 indivíduos infectados.	GERBA, C. P., GERBA, P., Outbreaks caused by <i>Giardia</i> and <i>Cryptosporidium</i> associated with swimming pools. <i>The Journal of the Swimming Pool and Spa Industry</i> . v.1, n.3, p.9-18, 1995.
7) Onze (11) surtos documentados envolvendo 1745 casos de infecção viral, metade deles atingindo proporções de epidemia	GERBA, C. P. HENRIQUES, C. E., Virus – Associated outbreaks in swimming pools. <i>National Spa and Pool Institute Chemistry Symposium</i> , p.31-45, USA, 1996.

8) Discussão sobre tratamento deficiente em águas de piscinas e spas responsáveis por 49 surtos independentes em que 714 pessoas foram acometidas por infecções cutâneas, otites, conjutivites e do trato urinário causadas por <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	GERBA, C. P., GERBA, P., Outbreaks caused by <i>Pseudomonas aeruginosa</i> associated with whirlpool spas, hot tubs, and swimming pools. <i>National Spa and Pool Institute Chemistry Symposium</i> , p.8-18, USA, 1997.
9) Relato de 21 mortes e mais 106 casos confirmados de infecção pulmonar causados por <i>Legionella pneumophila</i> e mais de 125 casos de pessoas se queixando dos mesmos sintomas da doença. Todas essas pessoas foram infectadas pela água de um spa na exposição de flores mundialmente conhecida ( <i>Westfriesse Flora</i> ) em Bovenkarspel, Holanda, que atrai cerca de 80.000 visitantes de todo mundo (***)	Spay May Be Blamed for Worst Outbreak of Legionnaire's Disease. <i>Aqua Magazine</i> , p.78, Maio 1999. *** <u>Nenhum dos infectados entrou na água!! Apenas passaram pelos arredores do spa e inalaram seus vapores, esta é a mesma doença que matou o Ministro Sérgio Mota.</u>
10) Relato de água infectada por <i>Escherichia coli</i> O157-H7 que causou a morte de 1 criança e deixou outras 24 doentes no parque aquático White Water, nas proximidades de Atlanta, EUA, em 1998.	KNOOP, D. F., Winning the bacteria battle, <i>E. coli follow up. Swimming Pool/Spa Age.</i> , p.44-45, Out. 1999.

PATOLOGIAS RESPIRATÓRIAS X SUB-PRODUTOS DO PROCESSO DE DESINFECÇÃO	
→ TRICLORAMINAS → THM'S (TRIHALOMETANOS) e OUTROS (tricloro acetaldéido ou cloro hidrato, haloacetoneitrilas, haloacetonas, Ácidos haloacéticos)	

Revista Engenharia Sanitária Ambiental – Julho/Setembro 2008.  
Formação de Subprodutos orgânicos halogenados nas operações de pré-oxidação com cloro, ozônio e peróxido e pós-cloração em água contendo substância húmica.

PASCHOALATO, TRIMAILOVAS, DI BERNARDO (2008)

Total de THM's, Halocetonitrilas, Halocetonas, Ácidos haloacéticos, formados na pré-oxidação (Hipoclorito de cálcio, 65%), "sem" e "com" coagulação, filtração em papel, pós cloração (Hipoclorito de cálcio) (µg/L).

Total de Subprodutos	Controle (24 horas)	Sem coagulação (24 horas)	Com coagulação (24 horas)
TAM (trialometanos)	24,66	74,46	48,32
CH (tricloro acetaldeído ou cloro hidrato)	18,91	26,13	27,32
HAN (haloacetoneitrilas)	4,40	14,73	7,21
HC (haloacetonas)	1,31	3,98	3,38
AHA (Ácidos haloacéticos)	15,42	116,70	86,59
<b>TOTAL</b>	<b>64,70</b>	<b>236,00</b>	<b>172,82</b>

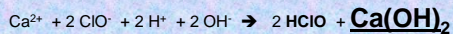
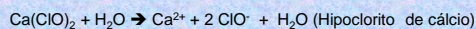
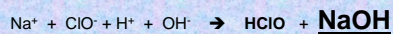
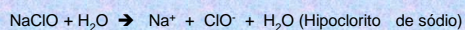
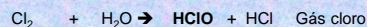
FORNTE: A adaptado de PASCHOALATO, TRIMAILOVAS, DI BERNARDO (2008)

Concentrações de **clorofórmio** encontradas nas amostras após desinfecção, média de duas repetições.

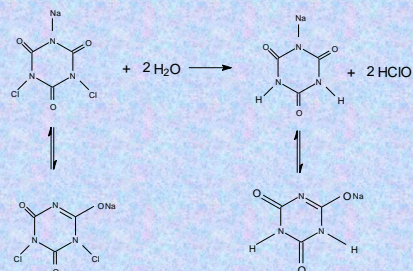
Desinfetante utilizado	THM (µg/L)	Redução da % de formação	THM (µg/L)	Redução da % de formação
	Amostra	16.05.02	Amostra	22.05.02
Hipoclorito de sódio	42,12	0%	22,79	0%
Hipoclorito de cálcio	37,70	10,49%	24,97	-
<b>Cloro gasoso</b>	<b>26,09</b>	<b>38,05%</b>	<b>14,39</b>	<b>36,86%</b>
<b>Dicloroisocianurato de sódio</b>	<b>25,58</b>	<b>39,26%</b>	<b>16,81</b>	<b>26,23%</b>

Fonte: TROLI, IDE NOBOYOSHI, PALHANO, MATTIA, 2002.

A PRESENÇA DO ÍON HIDROXILA "OH<sup>-</sup>" FACILITA A FORMAÇÃO DE THM'S por DERIVADOS CLORADOS



HIDRÓLISE DO DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO



Dicloroisocianurato de sódio

cianurato de sódio

## Valor do pH da solução a 1%.

Derivado clorado	pH da solução a 1%
Hipoclorito de sódio	11,5 – 12,5
Hipoclorito de cálcio	10,5 – 11,5
Dicloroisocianurato de sódio	6 – 8
Ácido tricloroisocianúrico	2,7-2,9

## THM'S X ÁGUA SALGADA

A pesquisa realizada por **BEECH, DIAZ, ORDAZ, PALOMEQUE (1980)**, denominada "Nitrates, Chlorates and Trihalomethanes In Swimming Pool Water" demonstra que a concentração média de trihalometanos totais encontrada em piscinas de água doce (à temperatura ambiente) foi 125 µg/litro (principalmente clorofórmio); e em piscinas de água salgada, foi 657 µg/litro (principalmente bromofórmio); a máxima concentração foi de 430 µg/litro (água doce à temperatura ambiente) e 1287 µg/litro (água salgada).

Outro estudo reproduz comprova que a presença de sal (cloreto de sódio) na água facilita a formação de THM's (trihalometanos) é a pesquisa realizada com a água de lastro do Navio Graneleiro Frotargetina, no Porto do Forno em Arraial do Cabo/RJ, a qual utilizou o **hipoclorito de sódio (NaClO)** como derivado clorado no processo de desinfecção, resultando médias de concentrações de THM's extremamente altas, segundo os autores os valores encontrados inviabilizam o produto para o processo de desinfecção da água de lastro; veja a conclusão da pesquisa: "... a formação do THM variou de **480 a 1600 µg.L<sup>-1</sup>**, inviabilizando o seu uso em tratamento de água, mesmo em baixas concentrações de matéria orgânica" (SILVA, FERNANDES, 2004). Veja mais informações e resultados de outras pesquisas sobre a formação de THM's no item referente a derivados clorados, nesse livro.

RZNISKI, T. A. B. **Tricloraminas no ar em ambientes de piscinas cobertas e sua repercussão no sistema respiratório**. Curitiba, PR. 2008. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental), Universidade Positivo, 2008.

Na pesquisa RZNISKI (2008) detectou que TODOS (100%) os profissionais da piscina salina (eletrolise para geração de hipoclorito de sódio) relataram possuir algum tipo de doença respiratória enquanto que 50% dos profissionais da piscina clorada relataram não apresentar nenhum tipo de doença, ou seja, os profissionais da piscina de água salgada além da tricloramina estavam expostos a níveis muito altos de THM's.

Os THM's são bastante voláteis eles transferem-se para a atmosfera da piscina coberta onde a sua concentração pode atingir valores superiores a **800 µg/L** (BELEZA, COSTA, 2005).

Novamente chamo sua atenção para o estudo realizado na Dinamarca determinou que atletas da natação que treinam durante duas horas em água contaminada com **150 µg.L<sup>-1</sup> de clorofórmio** (triclorometano) absorvem através da pele 5 µg desta substância (BEER, 2003).

## EXISTE RISCO DE RESPIRARMOS THM'S???

→ 2004- DODDS, KING, ALLEN, et al., pesquisadores de uma equipe da Dalhousie University, de Halifax (Canadá), publicaram na Revista "Epidemiology" uma pesquisa em que se afirma existir uma correlação dos trihalometanos com a morte intra-uterina.

→ O estudo foi realizado em Nova Escócia e Ontário Oriental, no Canadá, para examinar o efeito de exposição a THM's correlacionado com o risco de nascimento de criança morta (natimorto).

→ Na avaliação 112 mulheres que deram à luz a natimortos, dentro de um grupo de controle; outras 398 tiveram partos de crianças saudáveis. Em função do elevado número de natimortos, de imediato fizeram uma análise da água que abastecia as casas das mulheres e constataram que aquelas expostas a nível de TTHM de 80 µg/L ou mais (exposição a subprodutos de cloração por ingestão e tomando banho) em suas residências, apresentam o risco de nascimento de criança morta **2,2 vezes** maior quando comparado com mulheres sem exposição para THM's. Esse incremento de risco, com a exposição a trihalometanos, se afirma em casos de morte fetal por asfixia e em menor medida, por causas desconhecidas.

Segundo TOMINAGA e MIDIO (1999), os THM's poderão chegar até o homem através da: i) ingestão de água; ii) lavagem de roupas e louças; iii) durante o banho; iv) através do uso de piscinas.

A inalação de clorofórmio (triclorometano) durante um banho de ducha, por 9 minutos pode chegar a ser **6 vezes maior que a ingestão da mesma água tratada durante 24 horas** (TOMINAGA e MIDIO, 1999).

## AS MÁQUINAS DE ELETRÓLISE SÃO PRODUTOS NOVOS???

A OPS (Organização Panamericana de Saúde), através de estudos realizados **a partir de 1982**, demonstrou que mistura de oxidantes gerados "*in situ*" (no local) tem uma capacidade de desinfecção maior que o "cloro". A referência WITT e REIF (1996), que nos fornece as informações, em item anterior, correlaciona a palavra "cloro" com cloro gás, hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio.

→ A OPS criou o termo **MOGGOD** (Mixed Oxidant Gases Generated On-site for Disinfection), a sigla em inglês que descreve de maneira genérica o processo de produção de gases oxidantes misturados "*in situ*" com a função de desinfecção, mas que concomitantemente oxida a matéria orgânica.

→ Com o desenvolvimento das pesquisas, foram criados dispositivos que produzem uma solução aquosa de oxidantes misturados (**MOGOD**), cuja eficiência se mostrou semelhantes ao processo de produção de gases, quando a solução produzida é injetada imediatamente na água. O termo MOGGOD foi substituído por MOGOD (REIFF e WITT, 1995; WITT e REIFF, 1996).

## Equipamentos de eletrólise de água salgada

→ Equipamentos que produzem uma mistura de gases oxidantes gerados *in situ* - MOGGOD (Mixed Oxidant Gases Generated On-site for Disinfection): consistem basicamente em um recipiente com eletrodos (ânodo e cátodo) que é dividida por uma membrana semipermeável, duas câmaras. Na célula do ânodo, coloca uma solução de cloreto de sódio (salmoura); e na célula do cátodo, uma solução diluída de hidróxido de sódio.

→ Equipamentos de produtores de hipoclorito de sódio *in situ* - MOGOD (solução aquosa de oxidantes misturados): é um processo semelhante ao descrito anteriormente, **em que se elimina a membrana semipermeável**, não se gerando gases oxidantes, mas sim oxidantes dissolvidos que produz ao longo do tempo de eletrólise uma solução diluída de hipoclorito de sódio e volumes pequenos de gás hidrogênio.

## Existe a formação de THM's na eletrólise da água salgada para desinfecção de água potável?

THM's formados	Concentração de sanificante					
	2 mg/L		5 mg/L		10 mg/L	
	Hipoclorito de cálcio	Oxidantes misturados	Hipoclorito de cálcio	Oxidantes misturados	Hipoclorito de cálcio	Oxidantes misturados
Bromodioro-metano	<5	<5	4	27	23	30
Dibromodioro-Metano	21	21	123	62	164	43
Tribromo-metano	170	78	286	41	276	21
Triclorometano	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<b>Total THM</b>	<b>191</b>	<b>99</b>	<b>413</b>	<b>130</b>	<b>463</b>	<b>94</b>

THM em µg / L

Fonte: BRADFORD e COLEMAN (1993) apud WITT e REIFF (1996).

## A FORMAÇÃO DE TRICLORAMINAS X ELETRÓLISE DA ÁGUA SALGADA

RZNIISKI, T. A. B. *Tricloraminas no ar em ambientes de piscinas cobertas e sua repercussão no sistema respiratório*. Curitiba, PR, 2008. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental), Universidade Positivo, 2008.

Os níveis de tricloramina no ar têm sido freqüentemente associados à poder de oxidação do derivado clorado adicionado na água da piscina.

→ **Na Holanda**, os níveis de cloro livre na água de piscinas cobertas deve ser de 0,5 a 1,5  $\eta\text{g.L}^{-1}$  (Jacobs et al., 2007), similar a vários outros países.

→ **Na Alemanha**, praticam-se valores mais baixos, 0,3 a 0,6  $\eta\text{g.L}^{-1}$  (WHO, 2000),

→ **No Brasil** os valores preconizados pela ABNT são de 0,8 a 3,0  $\eta\text{g.L}^{-1}$ .

**JACOBS et al. (2007)** avaliaram a presença de tricloramina no ambiente de seis piscinas cobertas e o valor médio observado foi de 0,56  $\text{mg.m}^{-3}$  ( $\eta\text{g.L}^{-1}$ ).

→ Uma associação **estatisticamente significativa** foi observada entre a **concentração de cloraminas e o número de usuários, concentração de cloro livre na água da piscina e altura do teto**.

→ Observou-se também **uma prevalência elevada de sintomas particularmente relacionados à atividade desenvolvida entre os funcionários mais expostos, além daqueles indicadores de asma**.

**BOWEN et al. (2007)** investigaram a ocorrência de sintomas respiratórios e oculares durante episódios de exposição aguda causada pelo uso de piscinas cloradas em ambientes fechados de dois hotéis diferentes (A e B) nos Estados Unidos. Os hóspedes e/ou acompanhantes que estiveram nos respectivos hotéis foram entrevistados dentro de 48 horas após deixarem os estabelecimentos.

→ No hotel A, o episódio ocorreu durante o final de semana, quando os responsáveis pela manutenção da piscina estavam ausentes. Um produto desinfetante, **na forma de tabletas combinados de cloro/ácido cianúrico**, comumente utilizado em piscinas externas, foi utilizado no ambiente fechado das piscinas do hotel.

→ Dos 77 entrevistados, 61% responderam ao questionário, e apresentaram queixas apenas 1 minuto após entrarem no ambiente das piscinas. Entre eles, 71% desenvolveram sintomas tais como ardência nos olhos, dificuldade em abrir os olhos ou olhos lacrimejantes, e 45% desenvolveram sintomas respiratórios tais como dor de garganta, boca seca, tosse, espirro, e dor no peito, com duração média de 10h. Outros sintomas como dor de cabeça, ardência no nariz, náusea e vômito.

→ A concentração de cloro livre foi medida no dia seguinte ao episódio pelo departamento de saúde do estado de ILLINOIS e o valor encontrado foi de 7,5 ppm, quando o valor recomendado é de 1 a 4 ppm.

→ Segundo informações, o sistema de ventilação da área das piscinas apresentava problemas há vários dias e estava sendo controlado manualmente durante o episódio de exposição aguda. Além disso, devido às baixas temperaturas externas naquele período do ano, a ventilação natural não foi utilizada.

→ No hotel B, 59% dos freqüentadores da piscina apresentaram sintomas oculares semelhantes àqueles observados no primeiro hotel, além de fotofobia e visão distorcida.

→ Quanto aos sintomas respiratórios, 41% apresentaram queixas similares às dos hóspedes do hotel 1, com duração média de 2,5h.

→ As queixas foram relatadas após 1 minuto de exposição para os sintomas oculares (com duração de 1,5 h) e após 7 minutos para os sintomas respiratórios (com duração de 10 h). O episódio também ocorreu durante o final de semana, mas os responsáveis pela manutenção da piscina estavam presentes.

→ O produto desinfetante utilizado foi semelhante ao do hotel A, mas de marca diferente. A concentração de cloro livre medida no dia seguinte ao episódio foi de 2,0 ppm (BOWEN et al. 2007).

→ Em ambos os episódios, **as crianças foram predominantemente afetadas.**

→ O uso de óculos de natação não evitou o aparecimento dos sintomas oculares, sugerindo que a absorção dérmica não é necessária para que a irritação aconteça.

→ Embora os agentes etiológicos não tenham sido seguramente identificados nestes episódios, as cloraminas são as espécies mais prováveis, pois os níveis de cloro no hotel A excederam a razão cloro/nitrogênio que favorece a formação de tricloraminas.

→ Além disso, os níveis de trihalometanos (outros agentes potencialmente irritantes no ambiente de piscinas cloradas) estavam normais, o que ajuda a confirmar que as cloraminas efetivamente exerceram os efeitos irritantes nos episódios relatados (BOWEN et al. 2007).

→ Um estudo similar foi realizado entre crianças que participaram de um evento na piscina de um hotel nos Estados Unidos. Entre os principais sintomas, 84% apresentaram tosse e 78% apresentaram irritação nos olhos. O nível de cloraminas no dia do evento era de 0,7 ppm, quando o máximo permitido era de 0,5 ppm. O operador de manutenção da piscina do hotel não tinha treinamento formal para executar a atividade (KAYDOS-DANIELS et al., 2007).

→ Irritações semelhantes também foram notificadas em indústrias de processamento de verduras, que utilizam solução de água e hipoclorito de sódio (HERY, 1998). A possível causa talvez seja o fato de os trabalhadores estarem em contato muito próximo com os agentes sanitizantes.

## **A IMPORTÂNCIA DA ESTABILIDADE DO DERIVADO CLORADO NO PROCESSO DE DESINFECÇÃO QUÍMICA.**

## ESTABILIDADE DO DERIVADO CLORADO

Os derivados clorados de origem inorgânica possuem um prazo de validade máximo de 4 meses (Resolução RDC nº 77 da ANVISA, de 16 de abril de 2001), ressalta que os produtos destinados a desinfecção de água para consumo humano, que contenham como princípio ativo hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio, cujo prazo de validade seja superior a 4 (quatro meses), deverão ser reavaliados quanto a sua eficácia conforme item D.3, que preconiza a avaliação da eficiência frente a *Escherichia coli* e *Enterococcus faecium*, utilizando a metodologia empregada pelo INCQS/FIOCRUZ para desinfetantes para águas de piscinas, no tempo e concentração recomendados no rótulo do produto pelo fabricante.

*Avaliação da estabilidade de dois derivados clorados de origem inorgânica (cloro gás, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio) e de origem orgânica (dicloroisocianurato de sódio).*

Fonte: TROLLI, IDE NOBOYOSHI, PALHANO, MATTA, 2002.

### Desinfecção da amostra com (mg.L<sup>-1</sup> Cl<sub>2</sub>)

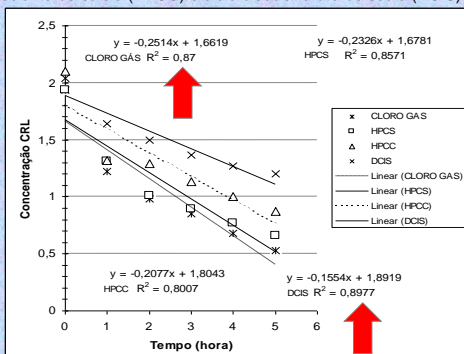
Tempo de contato	Desinfecção da amostra com (mg.L <sup>-1</sup> Cl <sub>2</sub> )			
	Cloro gasoso (residual de cloro – mg.L <sup>-1</sup> Cl <sub>2</sub> )	Hipoclorito de Sódio (residual de cloro – mg.L <sup>-1</sup> Cl <sub>2</sub> )	Hipoclorito de cálcio (residual de cloro – mg.L <sup>-1</sup> Cl <sub>2</sub> )	Dicloroisocianurato de sódio (residual de cloro – mg.L <sup>-1</sup> Cl <sub>2</sub> )
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Imediato	1,94	1,94	2,10	2,04
Após 1 hora	1,22	1,31	1,32	1,64
Após 2 horas	0,98	1,01	1,29	1,50
Após 3 horas	0,85	0,89	1,13	1,37
Após 4 horas	0,68	0,77	1,00	1,27
Após 5 horas	0,53	0,66	0,87	1,20

Fonte: TROLLI, IDE NOBOYOSHI, PALHANO, MATTA, 2002.

Gráfico representativo da concentração de cloro residual livre (CRL) em função do tempo, para hipoclorito de sódio (HPCS), hipoclorito de cálcio (HPCC) e dicloroisocianurato de sódio (DCIS).

Fonte: TROLLI, IDE NOBOYOSHI, PALHANO, MATTA, 2002.

Gráfico representativo da concentração de cloro residual livre (CRL) em função do tempo, para cloro gás, hipoclorito de sódio (HPCS), hipoclorito de cálcio (HPCC) e dicloroisocianurato de sódio (DCIS).

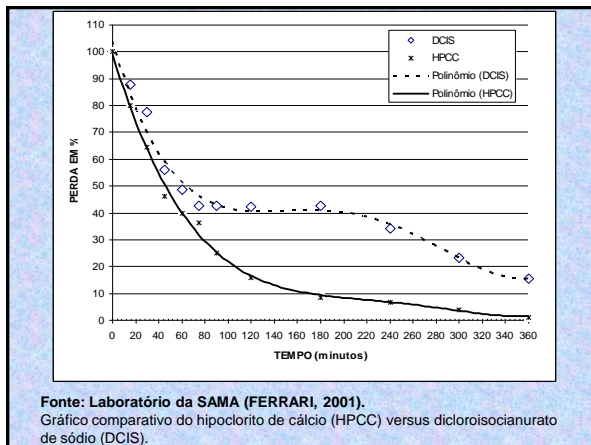


**Qual o tempo (X) que CRL (Y) é igual 0 (zero)???**

- **CLORO GÁS** →  $R^2 = 0,87$
- $Y = -0,2514X + 1,6619$
- $0 = -0,2514X + 1,6619 \Rightarrow 0,2514x = 1,6619$
- $X = 1,6619 / 0,2514 = 6,6105 \cong \mathbf{6,6 \text{ horas}}$
- **HIPOCLORITO DE SÓDIO** →  $R^2 = 0,86$
- $Y = -0,2326X + 1,6781$
- $0 = -0,2326X + 1,6781 \Rightarrow 0,2326x = 1,6781$
- $X = 1,6781 / 0,2326 = 7,2145 \cong \mathbf{7,2 \text{ horas}}$

- **HIPOCLORITO DE CÁLCIO** →  $R^2 = 0,80$
- $Y = -0,2077X + 1,8043$
- $0 = -0,2077X + 1,8043 \Rightarrow 0,2077X = 1,8043$
- $X = 1,8043 / 0,2077 = 8,687 \cong \mathbf{8,7 \text{ horas}}$
- **DICLORO ISOCIANURATO** →  $R^2 = 0,90$
- $Y = -0,1554X + 1,8919$
- $0 = -0,1554X + 1,8919 \Rightarrow 0,1554x = 1,8919$
- $X = 1,8919 / 0,1554 = 12,1743 \cong \mathbf{12 \text{ horas}}$
- **CLORO GÁS** →  $R^2 = 0,87 \rightarrow 6,6 \text{ horas}$
- **HIPOCLORITO DE SÓDIO** →  $R^2 = 0,86 \rightarrow 7,2 \text{ horas}$
- **HIPOCLORITO DE CÁLCIO** →  $R^2 = 0,80 \rightarrow 8,7 \text{ horas}$
- **DICLORO ISOCIANURATO** →  $R^2 = 0,90 \rightarrow 12 \text{ horas}$

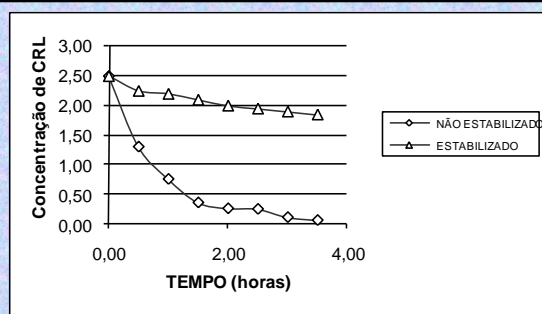
Outra pesquisa foi realizada pela SAMA – Saneamento Básico do Município de Mauá, por FERRARI (2001), denominada “*ensaio de estabilidade*” - compara o dicloroisocianurato de sódio (DCIS) com o hipoclorito de cálcio (HPCC). O teste deixou um pedaço de tubo retirado da rede (aço com D = 75 mm que apresentava incrustações) em um becker com água onde foi colocado 5 ppm do produto clorado. A cada período de tempo (15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 180, 240, 300 e 360 minutos), retirava-se uma alíquota de 10 mL e dosou-se o teor de cloro residual livre, a cada tempo. Em seguida calculou-se a perda, expressa em percentagem de cloro, gráfico com resultados apresentados a seguir.



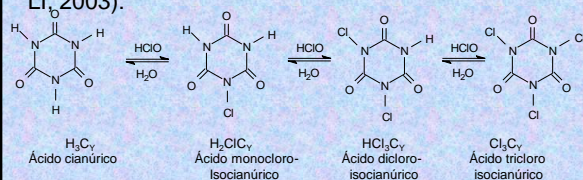
#### Conclusões da pesquisa realizada no Laboratório SAMA:

- DCIS apresenta uma maior estabilidade, tendo uma menor perda em relação ao hipoclorito de cálcio.
- DCIS terá um comportamento mais estável nas redes de água.
- DCIS apresenta soluções de trabalho que não alteram o pH como o HPCC (soluções alcalinas). O DCIS possui uma vantagem em termos de poder de desinfecção em relação ao HPCC, pois quanto menor o pH maior será o teor de HClO em relação ao ClO<sup>-</sup>.
- Como ponto de partida e referência, a dosagem de DCIS que devemos utilizar é de 50% da dosagem de HPCC.
- A preparação da solução de DCIS para dosagem na rede, é mais rápida. O produto é solúvel e não há formação de resíduos.
- Na preparação da solução de hipoclorito de cálcio temos que fazer uma limpeza e drenagem do resíduo que sobra no tanque a cada mês.

- Na área de piscinas utilizam os derivados clorados orgânicos, denominados de “*cloros estabilizados*”. Como forma de melhorar a estabilidade dos derivados clorados inorgânicos (principalmente o hipoclorito de cálcio) **as empresas indicam a adição do ácido cianúrico, denominado de estabilizador de cloro** (HTH, sd; GENCO, 2003).



- Na verdade, quando se adiciona **ácido cianúrico** na água da piscina, em conjunto com o derivado clorado inorgânico - **estamos transformando o cloro inorgânico em cloro orgânico** - e simplesmente aumentando o custo final para o consumidor. Veja a equação a seguir (GRUBER, LI, 2003):



Fonte: GRUBER, LI, 2003.

Como escolher um produto para processo de desinfecção em águas de piscinas??

→ **A Reduzir a utilização de produtos que possuem cálcio na estrutura química, acarretando:**

- \* menor probabilidade de "queratitis por Acanthamoeba";
- \* menor formação de incrustações;
- \* menor formação de biofilmes;
- \* melhor processo de desinfecção;
- \* menor formação de THM's.

\*\*\*INDICA-SE O USO DE PRODUTOS COM **SÓDIO** NA SUA ESTRUTURA QUÍMICA, O QUE **IMPLICA EM ALTA SOLUBILIDADE**.

→ Não utilizar equipamentos **que contribuem para formação de THM's e tricloraminas**, o que implica em não utilizar "**eletrolise da água salgada**" para geração de derivados clorados *in situ*, em função provocar patologias em praticantes da natação, profissionais e frequentadores do entorno da área da piscina.

→ Escolher produtos cujo pH **não facilite** a formação de THM's, ou seja, que **IMPLICA** na menor presença dos íons hidroxilas no meio aquoso.  
**\*\* INDICA-SE PRODUTOS CUJAS SOLUÇÕES POSSUAM pH MENOR QUE 8.**

→ UTILIZAR PRODUTOS E EQUIPAMENTOS QUE **NÃO GEREM TRICLORAMINAS**.

\*\* INDICA-SE PRODUTOS COM MENOR PODER DE OXIDAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA, pois **DERIVADOS CLORADOS TEM FUNÇÃO DE DESINFECÇÃO**.

→ UTILIZAR PRODUTOS QUE POSSUAM MAIOR ESTABILIDADE, LOGO MANTENHAM O CHAMADO CLORO RESIDUAL LIVRE POR MAIS TEMPO NO MEIO AQUOSO.

